

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

CLIPPEDIMAGE= JP402017421A

PAT-NO: JP402017421A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 02017421 A

TITLE: OPTICAL WAVELENGTH MEASURING APPARATUS

PUBN-DATE: January 22, 1990

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

SONOBE, YOJI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

ANRITSU CORP

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP63167614

APPL-DATE: July 5, 1988

INT-CL (IPC): G01J009/00

US-CL-CURRENT: 374/187

ABSTRACT:

PURPOSE: To implement high accuracy in measurement of optical frequency to be measured over a wide frequency range by using sweeping light whose frequency is continuously changed and an etalon.

CONSTITUTION: When the wavelength of incident light is continuously changed in an etalon 1, a light intensity signal (j) which is outputted from a sweeping light receiver 10 generates a plurality of peak signals 2. The sweeping signal (g) whose frequency is continuously changed and light to be measured (e) 1 whose frequency is unknown are inputted into a light combiner 5. The beat frequency Δf of the combined light (h) is located within an analyzable frequency range of a frequency analyzer 8 during the sweeping of the light (g) without fail. A reference frequency (c) of a reference frequency f_{SB}

is the same. In this way, a measuring reference frequency F_{sa} of a measuring reference peak signal of the light (g) at the time point 2a when the beat frequency corresponding to the light (c) (or light (e)) is measured in the analyzer 8 (or a peak signal frequency F_{sb} at a time point 2b) is determined (or specified). Therefore, the frequency difference between the signal 2 and the measuring reference peak signal is obtained by multiplying the number of the signals 2 in the region by a frequency interval ΔF . Finally, the frequency of the light (e) can be computed by the specified expression.

COPYRIGHT: (C)1990,JPO&Japio

⑫ 公開特許公報(A) 平2-17421

⑤ Int. Cl.⁵
G 01 J 9/00識別記号 庁内整理番号
8707-2G

⑬ 公開 平成2年(1990)1月22日

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全8頁)

⑭ 発明の名称 光波長測定装置

⑯ 特 願 昭63-167614

⑰ 出 願 昭63(1988)7月5日

⑱ 発 明 者 國 部 洋 治 東京都港区南麻布5丁目10番27号 アンリツ株式会社内

⑲ 出 願 人 アンリツ株式会社 東京都港区南麻布5丁目10番27号

⑳ 代 理 人 弁理士 鈴江 武彦 外2名

明 細 書

1. 発明の名称

光波長測定装置

2. 特許請求の範囲

(1) 基準周波数を有する基準光を出力する基準光源(3)と、周波数が連続的に変化する掃引光を出力する掃引光源(6)と、この掃引光源から出力される掃引光の光強度を検出する掃引光受光器(10)と、この掃引光受光器と前記掃引光源との間に介挿されたエタロン(1)と、複数の光から一つの光を選択する光選択器(4)と、この光選択器の出力光と前記掃引光とを合成してビート周波数を有する合成光を出力する光合成器(5)と、この光合成器から出力される合成光の光強度を検出する合成光受光器(7)と、この合成光受光器から出力される合成光信号のビート周波数が分析可能周波数範囲に入ったときそのビート周波数を検出する周波数分析器(8)と、前記掃引光受光器から出力される光強度信号に含まれる前記エタロンの物理的特性にて定まる各ピーク信号のうち

の、前記光選択器が基準光を選択した場合に前記周波数分析器にてビート周波数値が得られたときの測定基準ピーク信号の周波数を測定基準周波数として算出する測定基準周波数算出手段(9a)と、前記各ピーク信号のうちの、前記光選択器が被測定光を選択した場合に前記周波数分析器にてビート周波数値が得られたときの被測定ピーク信号と前記測定基準ピーク信号との間のピーク信号数を計数するピーク信号数計数手段(9b)と、前記測定基準周波数と前記ピーク信号数および被測定ピーク信号に対応するビート周波数値から前記被測定光の周波数を算出する周波数算出手段(9c)とを備えた光波長測定装置。

(2) 前記基準周波数とは異なる基準周波数を有する校正用基準光を出力する校正用基準光源(3a)と、前記光選択器がこの校正用基準光を選択した場合に前記周波数分析器にてビート周波数値が得られたときの校正用基準ピーク信号の周波数を校正用基準周波数として算出する校正用基準周波数算出手段(9d)と、前記校正用ピーク信号と前記

測定基準ピーク信号との間のピーク信号数を計数する校正用ピーク信号数計数手段(9e)と、この校正用ピーク信号数計数手段にて計数されピーク信号数と前記校正用基準周波数および前記測定基準周波数から前記エタロンの物理的特性値を算出するエタロン校正手段(9f)とを備えた請求項1の光波長測定装置。

3. 発明の詳細な説明

[産業上の利用分野]

本発明は光の波長をエタロンおよびビート周波数を用いて高精度に測定する光波長測定装置に関する。

[従来の技術]

回折格子等の光学的機材を用いなくて電氣的に被測定光の波長(周波数)を高精度に測定する光波長測定装置として、従来、第4図に示すマイケルソン干渉計が使用されている。すなわち、参照光源11から出力された既知の基準波長 λ_0 を有するコヒーレントな参照光aは光路に対して45°傾斜したハーフミラー12のA点にて直

角に反射され、固定ミラー13にて進行方向が180°反転されて、ハーフミラー12のB点を透過して参照光用受光器14へ入力される。また参照光源11から出力された参照光aはハーフミラー12のA点を透過して、移動ミラー15で進行方向が180°反転されて、ハーフミラー12のB点で反射されて前記参照光用受光器14へ入力する。

一方、未知の波長 λ の被測定光bはハーフミラー12のB点を透過して、移動ミラー15で進行方向が180°反転されて、ハーフミラー12のA点で反射されて被測定光用受光器16へ入力する。また、被測定光bはハーフミラー12のB点にて直角に反射され、固定ミラー13にて進行方向が180°反転されて、ハーフミラー12のA点を透過して被測定光用受光器16へ入力される。そして、前記移動ミラー15は図示するように光路に平行に移動可能に設けられている。

各受光器14、16に入力する参照光aおよび被測定光bはそれぞれ固定ミラー13を経由した

光と移動ミラー15を経由した光とで干渉現象が生じる。よって、移動ミラー15を矢印方向へ移動すると各受光器14、16から出力される各出力信号a1、b1には、第5図に示すように、干渉によって生じるピーク波形が周期的に生じる。このピーク波形のピッチ長Pはその光の波長に対応した値であるので、移動ミラー15を予め定められた規定距離D。だけ移動させた場合の各ピーク波形の数 n_0 、 n_1 を計数すれば、求める被測定光bの波長 λ は、式で求まる。

$$\lambda = (n_0 / n_1) \lambda_0 \quad \dots (1)$$

[発明が解決しようとする課題]

しかし、第4図に示すマイケルソン干渉計を使用した光波長測定装置において、光の波長 λ を正確に測定するためには、前述した各ピーク波形の数 n_0 、 n_1 を精度よく求める必要がある。すなわち、測定波長 λ の有効桁数を多くすると、必要とする各ピーク波形の数 n_0 、 n_1 の桁数も多く求める必要がある。すなわち、前述した規定移動距離D。を大きく設定する必要がある。その結果、

測定装置全体が大型化する問題がある。移動距離が長くなると光学系機器の掘付け精度等の問題が生じ、第5図に示す干渉波形に乱れが生じる。

よって、精度よく測定できる測定波長 λ にも一定の限界が生じる。例えば周波数fが5GHz(波長 $\lambda = c/f$)の場合は前記規定移動距離D。は約10cm程度でよいが、500MHzの場合は約1mになる。

このような不都合を解消するために、基準周波数 f_0 を有する基準光と未知の周波数fとを光合成器を用いて測定周波数fと基準周波数 f_0 との差の周波数で示されるビート周波数 $\Delta f (= f \pm f_0)$ を有するビート光を得て、ビート光を受光器で電気信号に変換し、このビート信号のビート周波数 Δf を周波数分析器にて測定することによって、被測定光の周波数fを得るようにした光波長測定装置が考えられている。

しかし、一般に周波数分析器にて分析できる周波数には一定の分析可能周波数範囲が存在する。よって、基準周波数 f_0 と測定周波数fとが極く

接近している場合はビート周波数 Δf の周波数は小さいので測定可能であるが、基準周波数 f_0 と測定周波数 f とが遠く離れているとビート周波数 Δf の周波数範囲は広くなので、ビート周波数 Δf の全周波数領域に亘って測定するとが不可能になり、結果的に被測定光の周波数 f を測定できない。

特に、通常の周波数分析器の分析可能周波数範囲はせいぜい数十MHzであるのに対して、光の周波数領域は数GHz帯に及ぶので上記ビート周波数 Δf はすぐに上記分析可能周波数領域を外れる。

本発明は、このような事情に鑑みてなされたもので、周波数が連続的に変化する掃引光およびエタロンを用いることにより、装置を大型化することなく、広い周波数領域に亘って被測定光の周波数を精度よく測定できる光波長測定装置を提供することを目的とする。

〔課題を解決するための手段〕

上記課題を解決するために本発明の光波長測定装置においては、基準周波数を有する基準光を出

力する基準光源と、周波数が連続的に変化する掃引光を出力する掃引光源と、この掃引光源から出力される掃引光の光強度を検出する掃引光受光器と、この掃引光受光器と前記掃引光源との間に挿入されたエタロンと、複数の光から一つの光を選択する光選択器と、この光選択器の出力光と掃引光とを合成してビート周波数を有する合成光を出力する光合成器と、この光合成器から出力される合成光の光強度を検出する合成光受光器と、この合成光受光器から出力される合成光信号のビート周波数が分析可能周波数範囲に入ったときそのビート周波数を検出する周波数分析器と、掃引光受光器から出力される光強度信号に含まれるエタロンの物理的特性にて定まる各ピーク信号のうちの、光選択器が基準光を選択した場合に周波数分析器にてビート周波数値が得られたときの測定基準ピーク信号の周波数を測定基準周波数として算出する測定基準周波数算出手段と、各ピーク信号のうちの、光選択器が被測定光を選択した場合に周波数分析器にてビート周波数値が得られたときの被

測定ピーク信号と測定基準ピーク信号との間のピーク信号数を計数するピーク信号数計数手段と、測定基準周波数とピーク信号数および被測定ピーク信号に対応するビート周波数値から被測定光の周波数を算出する周波数算出手段とを備えたものである。

また、別の発明は上記各手段に加えて、基準周波数とは異なる基準周波数を有する校正用基準光を出力する校正用基準光源と、光選択器がこの校正用基準光を選択した場合に周波数分析器にてビート周波数値が得られたときの校正用基準ピーク信号の周波数を校正用基準周波数として算出する校正用基準周波数算出手段と、校正用ピーク信号と測定基準ピーク信号との間のピーク信号数を計数する校正用ピーク信号数計数手段と、この校正用ピーク信号計数手段にて計数されピーク信号数と校正用基準周波数および測定基準周波数からエタロンの物理的特性値を算出するエタロン校正手段とを備えたものである。

〔作用〕

まず、この発明で使用されるエタロンの特性を説明する。第2図(a)に示すようにエタロン1はガラス又は水晶等の極めて平行度のよい平行板面の両面に例えば金属膜をつけて反射率をあげた光学素子であり、表面にはほぼ垂直に光を照射すると、厚さ d の内部で反射を繰返し、入力光の波長 λ が一定の条件を満たすと反対面から出力される。したがって、入射光の波長 λ を連続的に変化させれば、第2図(b)に示すように、エタロン1を通過した光には(2)式で示される屈折率 n 、厚さ d 、波長 λ で定まる波長間隔 $\Delta\lambda$ 毎にピーク信号2が生じる。

$$\Delta\lambda = \lambda^2 / (2nd) \quad \dots (2)$$

なお、波長 λ を周波数領域に変換すると、周波数間隔 ΔF は光速 c を導入することによって、(3)式で示される。

$$\Delta F = c / (2nd) \quad \dots (3)$$

すなわち、各ピーク信号2相互間の周波数間隔 ΔF はエタロン2の物理特性値 $(2nd)$ にて定

まる。

したがって、掃引受光器から出力される光強度信号には第2図(b)に示す規則的に配列された複数のピーク信号2が生じる。

一方、光合成器の一方には周波数が連続的に変化する掃引光が入力され、他方には未知周波数の被測定光が入射されているので、被測定光と掃引光との合成光におけるビート周波数は、掃引光が掃引中に、必ず周波数分析器の分析可能周波数範囲に入る。基準周波数の基準光も同じである。よって、基準光に対応するビート周波数が周波数分析器で測定された時点における掃引光の測定基準ピーク信号の測定基準周波数が定まる。同様に、被測定光に対応するビート周波数が周波数分析器で測定された時点における掃引光のピーク信号およびその時点におけるビート周波数が特定される。そして、そのピーク信号と前記測定基準ピーク信号との間の周波数差はその間に存在するピーク信号数に前述した周波数間隔 ΔF を乗算すれば求まる。よって、最終的に被測定光の周波数が算出さ

る。源3aから出力された前記基準周波数 f_1 とは異なる値の基準周波数 f_2 の校正用基準光 f が導入されている。そして、この光選択器4は一種の光路切換器で構成されており、操作者によるマニュアル操作又は後述する演算処理部9からの指令信号にて前記3個の光 c 、 e 、 f から一つの光が選択されて次の光合成器5へ送出される。

また、図中6は周波数 f_s が連続的に変化する掃引光 g を出力する掃引光源であり、この掃引光源6から出力される掃引光 g は光ファイバによって前記光合成器5へ導かれる。光合成器5は光選択器4の出力光と掃引光 g とを波形合成する。そして、合成光 h として次の合成光受光器7へ送出する。したがって、この合成光 h には掃引光 g の周波数 f_s と光選択器4で選択された光との差の周波数で示されるビート周波数 Δf が含まれる。このビート周波数 Δf を有した合成光 h は合成光受光器7で電気信号の合成光信号 i に変換されて周波数分析器8へ送出される。この周波数分析器8は入力された合成信号 i に含まれるビート周波

れる。

さらに、別の値の基準周波数を有する校正用基準光源をもちいて校正用ピーク信号における校正用基準周波数が算出される。そして、基準光に対応する測定基準ピーク信号における測定基準周波数は先に算出されているので、両ピーク信号間のピーク信号数を計数することによって、周波数間隔 ΔF の値が算出される。よって、エタロンの物理的特定値 $2nd$ ($=c/\Delta F$) が算出される。そして、この物理的特性値を用いて被測定光の周波数を算出する。

〔実施例〕

以下本発明の一実施例を図面を用いて説明する。

第1図は実施例の光波長測定装置の概略校正を示すブロック図である。基準光源3から出力された基準周波数 f_1 を有するコヒーレントな基準光 c は例えば光ファイバ等を用いて光選択器4へ導かれる。この光選択器4には基準光源3の基準光 c の他に、未知の周波数 f を有する被測定光 e が同じく光ファイバで導かれ、さらに、校正用基準光

数 Δf が分析可能周波数範囲に入るとそのビート周波数 Δf 値を検出する。そして、その検出結果を次の演算処理部9へ送出する。

一方、掃引光源6から出力された掃引光 g は前記光合成器5へ導かれるとともに、前述した特性を有するエタロン1を介して掃引光受光器10へ入射される。この掃引光受光器10の出力信号は電圧計10aで光強度信号 j に変換される。よって、この光強度信号 j には第2図(b)に示すような一定周波数間隔 ΔF 毎にピーク信号2が生じる。そして、この光強度信号 j は前記演算処理部9へ送出される。

演算処理部9は例えばマイクロコンピュータで構成されており、内部に測定基準周波数 F_{sa} を算出する測定基準周波数算出手段9a、ピーク信号数 N を算出するピーク信号数算出手段9b、被測定光 e の周波数 f を算出する周波数算出手段9c、エタロン1の物理的特性値を校正するための校正用基準周波数 F_{sd} を算出する校正用基準周波数算出手段9d、校正用ピーク信号数 N_d を計数する

校正用ピーク信号数計数手段9e、前記エタロン1の物理的特性値(2nd)を算出するエタロン校正手段9f等の各手段が制御プログラムとして格納されている。

次に、このように構成された光波長測定装置の動作を第3図を用いて説明する。

まず、光選択器4を操作して、基準光cを光合成器5へ導入させる。そして、掃引光源6の掃引光gを低い周波数から高い周波数へ掃引開始すると、掃引光gの周波数 f_s は第3図に示すように直線的に上昇する。同時に、エタロン1を介した電圧計10aから出力される光強度信号jにはピーク信号2が一定周波数間隔 $\Delta F (= c / (2nd))$ 毎に現れる。

そして、基準光cと掃引光gが光合成器5で合成されて、合成光hとして合成光受光器7で合成光信号iに変換されるが、この合成信号iに含まれるビート周波数 $\Delta f (= f_1 - f_s)$ は掃引光gの周波数 f_s にて大きく変化するが、このビート周波数 Δf の周波数が周波数分析器8の分析可

能周波数範囲に入った時点で、周波数分析器8はそのビート周波数 Δf の計測が可能となる。そして、掃引光gの周波数 f_s が上昇してビート周波数 Δf が前記分析可能周波数範囲を外れると、ビート周波数 Δf の計測が不可能になる。

そして、そのビート周波数 Δf が測定可能な範囲内において、光強度信号jにおけるピーク信号2が最大値に達した時点におけるビート周波数 f_A を読取る。またその時点における該当ピーク信号2を測定基準ピーク信号2aとする。したがって、この時点における掃引光gの周波数、すなわち測定基準周波数 F_{sa} が(4)式で求まる。

$$F_{sa} = f_1 \pm f_A \quad \dots (4)$$

次に、光選択器4を操作して、校正用基準光fを光合成器5へ導く。そして、掃引光源6を起動して、掃引光gの周波数 f_s を上昇開始させる。すると、合成光信号iのビート周波数 Δf が前記分析可能周波数範囲に入った時点で周波数分析器8にてそのビート周波数 Δf の計測が可能となる。よって、前述した基準光cと同様の手順で校正用

基準ピーク信号2dとその時のビート周波数 f_D から校正用基準周波数 F_{sd} が(5)式で求まる。

$$F_{sd} = f_2 \pm f_D \quad \dots (5)$$

次に、校正用基準ピーク信号2dと測定基準ピーク信号2aとの間のピーク信号数 N_d を計数する。例えば第3図においては、 $N_d = 2$ となる。次に、ピーク信号2相互間の周波数間隔 ΔF を(6)式を用いて求める。

$$\Delta F = (F_{sd} - F_{sa}) / N_d \quad \dots (6)$$

よって、エタロン1の物理的特性値(2nd)が計算にて求まる。

次に、光選択器4を操作して未知周波数fを有するコヒーレントな被測定光eを光合計器5へ導く。そして、掃引光源6を起動して、基準光cと校正用基準光fの場合と同一手順で、光強度信号jにおける被測定ピーク信号2bを特定し、その時のビート信号 f_B を計測する。次に被測定ピーク信号2bと測定基準ピーク信号2aとの間のピーク信号数Nを計数する。ピーク信号2相互間の周波数間隔 ΔF が算出されているので、被測定ピ

ーク信号2bに対応する掃引光gの周波数 F_{sb} は(7)式で求まる。

$$F_{sb} = F_{sa} \pm (N \cdot \Delta F) \quad \dots (7)$$

したがって、被測定光eの周波数fは掃引光gの周波数 f_s に対してビート周波数 f_B だけずれているので、求める被測定光eの周波数fは(8)式で算出される。

$$\begin{aligned} f &= F_{sb} \pm f_B \\ &= (F_{sa} \pm N \cdot \Delta F) \pm f_D \\ &= f_1 \pm f_A \pm N \cdot \Delta F \pm f_D \quad \dots (8) \end{aligned}$$

なお、各式に使用されている($N \cdot \Delta F$)の前の「 \pm 」符号は、被測定ピーク信号2b又は校正用ピーク信号2dが測定基準ピーク信号2aに対していずれの方向にずれているかによって定まり、実際の測定においては容易にその符号が定まる。また各ビート周波数 f_A 、 f_B 、 f_D の前の「 \pm 」の符号はその時点における掃引光gの周波数 f_s に対していずれの方向にずれているかを示す符号であり、周波数分析器8を監視することによって、容易に判別できる。

しかして、この算出された周波数 f から被測定光 e の波長 λ を算出すればよい。

このように構成された光波長測定装置であれば、たとえば被測定光 e の周波数 f が基準光 c の基準周波数 f_1 と大きく離れており、その結果合成光信号 i のビート周波数 Δf が周波数分析器 7 の分析可能周波数範囲に入らなかったとしても、周波数 f_s が連続的に変化する掃引光 g との間で合成光 h を作成することによって、必ず分析可能周波数範囲に入るビート周波数 Δf が得られる。そして、その時点における掃引光 g の周波数 F_{sb} はエタロン 1 の特性を利用して基準光 c の基準周波数 f_1 を用いて算出できる。よって、被測定光 e の周波数 f が正確に求まる。

したがって、周波数分析器 8 に特に広帯域の分析可能周波数範囲を有したものを使用する必要がない。また、第 4 図に示した移動ミラー 15 を含む光学機器を使用する必要がないので、装置全体を小型軽量に構成することが可能となる。

また、本発明においては、ピーク信号数 N と周

波数間隔 ΔF とを用いて被測定光 e の概略の周波数 F_{sb} を算出して、さらにビート周波数 f_b で補正することによって、被測定光 e の周波数 f の値を算出するようにしているので、従来の装置に比較してその測定精度を大幅に向上できる。

また、エタロン 1 の物理的特性値 ($2nd - c / \Delta F$) を基準光 c と校正用基準光 f とを用いて算出している。したがって、エタロン 1 をこの装置に組込む前に、その物理的特性値 ($2nd$) を別の測定装置を用いて予め測定しておく必要がない。また、エタロン 1 を交換した場合の特性変化や、エタロン 1 を長期間使用した場合における特性値の経時変化等を簡単に補正することができるので、常時最良の測定精度を維持できる。

なお、本発明は上述した実施例に限定されるものではない。前述したように厚さ d や屈折率 n 等のエタロン 1 の物理的特性値が別の測定装置によって、予め測定されていれば、第 1 図に示す校正用基準光源 3a を除去することも可能である。

〔発明の効果〕

以上説明したように本発明の光波長測定装置によれば、周波数が連続的に変化する掃引光と被測定光との間のビート周波数を周波数分析器で計測し、かつエタロンの特性を用いてそのビート周波数計測時の掃引周波数を算出している。そしてそれ等から被測定光の周波数を求めている。よって、光学的機器を使用する必要がないので、装置を大型化することなく、かつ広い周波数領域に亘って被測定光の周波数を精度よく測定できる。

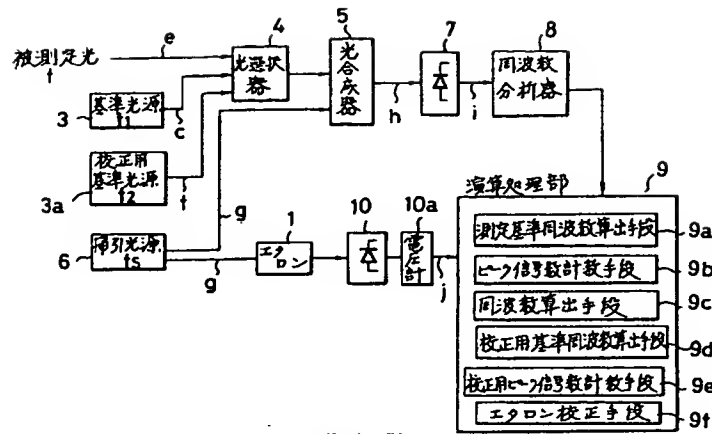
4. 図面の簡単な説明

第 1 図は本発明の一実施例に係わる光波長測定装置の概略構成を示すブロック図、第 2 図は同実施例装置におけるエタロンの特性を示す図、第 3 図は同実施例装置の動作を示すタイムチャート、第 4 図は従来の光波長測定装置を示す模式図、第 5 図は同従来装置の動作を示すタイムチャートである。

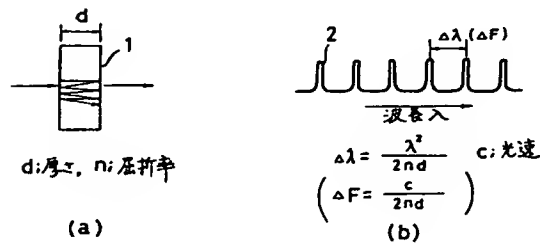
1 … エタロン、2 … ピーク信号、3 … 基準光源、3a … 校正用基準光源、4 … 光選択器、5 …

光合成器、6 … 掃引光源、7 … 合成光受光器、8 … 周波数分析器、9 … 演算処理部、10 … 掃引光受光器。

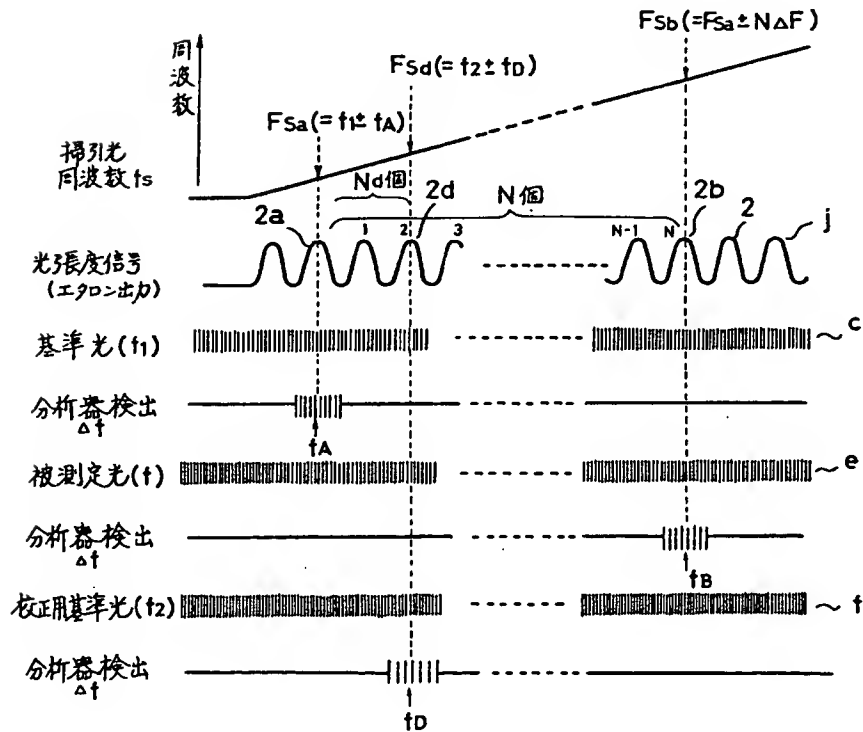
出願人代理人 弁理士 鈴江武彦



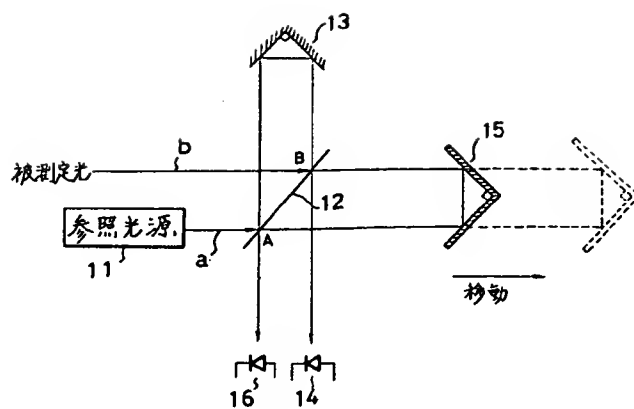
第 1 図



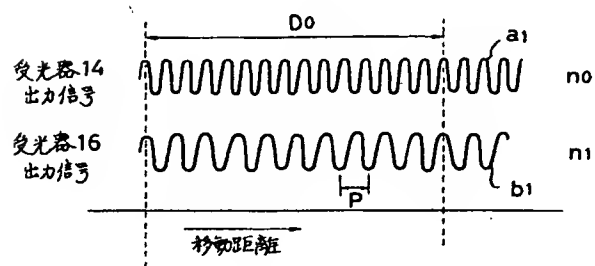
第 2 図



第 3 図



第 4 図



第 5 図